

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-120364

(43)Date of publication of application : 30.04.1999

-----  
-----  
(51)Int.Cl. G06T 7/20

-----  
-----  
(21)Application number : 09-278727 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 13.10.1997 (72)Inventor : TANAKA AKIMICHI  
KAMEDA AKIO  
KANAYAMA HIDEAKI

-----  
-----  
(54) FEATURE POINT TRACING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve tracing precision and to relax the condition of a point capable of being traced in a feature point tracing device to trace the motion of feature point of object in a video.

SOLUTION: A feature point tracing means is constituted of plural different feature point tracing means 11 to 13 in which plural different matching degree evaluation means 211 to 232 are used respectively. One of the plural feature point tracing means 11 to 13 is selected for respective feature point of an object video 5 and traced according to the contents preliminarily written in a feature point recording means 4 by a tracing control means 3. In this way, tracing of a similar point is enabled and the tracing accuracy is improved by using plural different matching degree evaluation means by the respective feature point tracing means. On the other, hand, the feature

point impossible to be traced by a certain feature point tracing means is traced by another feature point tracing means by selecting and using the prepared plural different feature point tracing means. Consequently, the tracing accuracy is improved and the condition of the point capable of being traced is relaxed.

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1]A focus tracking device which considers an initial value of an object image characterized by comprising the following by which a subject was photoed, and the focus arranged on this subject as an input, and pursues a motion of the focus according to a motion of a subject in this object image.

Several different characteristic point tracking means using an output from two or more matching degree evaluation methods.

A focus recording device which recorded a characteristic point tracking means which should be used when pursuing the present coordinates and the focus of said focus, Present coordinates and a characteristic point tracking means of said focus are read in said focus recording device, A focus tracking control means which repeats processing which chooses one of said the characteristic point tracking means, searches for the new coordinates of this focus, and writes this in this focus recording device for every new frame of said object image to these all the focus.

[Claim 2]As said matching degree evaluation methods, classification-by-color cloth matching degree evaluation methods, Have edge matching degree evaluation methods and outline deformation degree evaluation methods at least, and as said characteristic point tracking means, The focus tracking device according to claim 1 characterized by what it has said classification-by-color cloth matching degree evaluation methods, a characteristic point tracking means using said edge matching degree evaluation

methods, and said edge matching degree evaluation methods and a characteristic point tracking means using said outline deformation degree evaluation methods for at least.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]In this invention, the focus on a subject is pursued in an image. Therefore, it is related with the focus tracking device which pursues a motion of a subject.

[0002]

[Description of the Prior Art]Pursuit of the focus will have been performed by searching for the point whose remainder in a window decreases most in inter-frame, if a square window is provided focusing on the focus and the new frame of an object image is given. About the above-mentioned art, for example, "Tomasi and Kanade work Shape. and Motion from Image. Streams:a FactorizationMethod-Part 3 Detection and Tracking of Point Features" (Technical Report of School.) It is indicated to of Computer Science, Carnegie Mellon University, and CMU-CS-91-132-1991.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, in the above-mentioned conventional technology, the focus arranged on a border line might shift from on the border line little by little, and there was a problem that the accuracy of pursuit was not enough. There was a problem that the point which can be pursued had the severe conditions which should be fulfilled since it is restricted to a point like an angle which is geometrically characteristic, and only a small number could arrange the focus which should be pursued.

[0004]Then, this invention raises the tracing accuracy of the focus and makes it a technical problem to provide the focus tracking device which eased the conditions of the point which can be pursued.

[0005]

[Means for Solving the Problem]In order to solve the above-mentioned technical problem, the 1st invention by this invention considers an initial value of an object image by which a subject was photoed, and the focus arranged on this subject as an input, and a focus tracking device which pursues a motion of the focus according to a motion of a subject in this object image is equipped with the following.

Several different characteristic point tracking means using an output from two or

more matching degree evaluation methods.

A focus recording device which recorded a characteristic point tracking means which should be used when pursuing the present coordinates and the focus of said focus.

Present coordinates and a characteristic point tracking means of said focus are read in said focus recording device, A focus tracking control means which repeats processing which chooses one of said the characteristic point tracking means, searches for the new coordinates of this focus, and writes this in this focus recording device for every new frame of said object image to these all the focus.

[0006]Similarly the 2nd invention by this invention as said matching degree evaluation methods, Classification-by-color cloth matching degree evaluation methods and edge matching degree evaluation methods, Have outline deformation degree evaluation methods at least, and as said characteristic point tracking means, It has said classification-by-color cloth matching degree evaluation methods, a characteristic point tracking means using said edge matching degree evaluation methods, and said edge matching degree evaluation methods and a characteristic point tracking means using said outline deformation degree evaluation methods at least.

[0007]In this invention, a characteristic point tracking means comprises several different characteristic point tracking means, and each characteristic point tracking means pursues by specifying a characteristic point tracking means for every focus using an output of several different matching degree evaluation methods. Two points are the main features of this invention above. In a Prior art, a point of having used a single characteristic point tracking means and matching degree evaluation methods is improved in this invention.

[0008]In the 1st invention by this invention, a characteristic point tracking means uses an output from two or more matching degree evaluation methods. Therefore, it becomes possible to pursue a similar point and tracing accuracy improves. On the other hand, a characteristic point tracking means is that several different things are prepared and a tracking control means chooses one of them, and it becomes possible to also pursue the focus which cannot be pursued in a certain characteristic point tracking means by another characteristic point tracking means. Therefore, improvement in tracing accuracy of the focus which is a technical problem of this invention, and conditions of a point which can be pursued can be eased now.

[0009]In the 2nd invention by this invention, one of the characteristic point tracking means uses an output from classification-by-color cloth matching degree evaluation methods and edge matching degree evaluation methods. Therefore, it becomes possible to pursue a point that a classification-by-color cloth was similar on edge, and tracing accuracy improves. Another of a characteristic point tracking means uses an output from edge matching degree evaluation methods and outline deformation degree evaluation methods. Therefore, a point which, if possible, lessens modification from an

initial state on edge can be pursued, and pursuit of a point which is geometrically featureless is also attained. Therefore, conditions about the focus which should be pursued can be eased. Thus, two or more different characteristic point tracking means are prepared, and when a tracking control means chooses one of them, it becomes possible to also pursue the focus which cannot be pursued in a certain characteristic point tracking means using an option by another characteristic point tracking means. Therefore, improvement in tracing accuracy of the focus which is a technical problem of this invention, and conditions of a point which can be pursued can be eased now.

[0010]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, an embodiment of the invention is described in detail using figures.

[0011] Drawing 1 is a lineblock diagram of the 1st example of an embodiment showing the principle of this invention.

[0012] In drawing 1, a characteristic point tracking means (1) and 12 11 A characteristic point tracking means (2), The matching evaluation degree means (11) which uses 13 by a characteristic point tracking means (3), and 211 uses by the characteristic point tracking means 11, Another matching degree evaluation methods (12) which use 212 by the characteristic point tracking means 11, The matching degree evaluation methods (21) which use 221 by the characteristic point tracking means 12, Another matching degree evaluation methods (22) which use 222 by the characteristic point tracking means 12, The focus recording device on which the matching degree evaluation methods (31) which use 231 by the characteristic point tracking means 13, another matching degree evaluation methods (32) which use 232 by the characteristic point tracking means 13, and 3 record a tracking control means, and 4 records the trace point of the focus, and 5 express the object image which consists of multiple frames.

[0013] The characteristic point tracking means is constituted from several different characteristic point tracking means by this example of an embodiment like a characteristic point tracking means (1), a characteristic point tracking means (2), and --. The output of matching degree evaluation methods (11), matching degree evaluation methods (12), and the matching degree evaluation methods from which plurality differs like -- is used for each characteristic point tracking means. The trace point control means 3 pursues by the object image's 5 carrying out each focus pair, and choosing one of the characteristic point tracking means with two or more 11, 12, 13, and -- based on the characteristic point tracking means currently written to the focus recording device 4.

[0014] In this example of an embodiment, a characteristic point tracking means uses the output from two or more matching degree evaluation methods. Therefore, it becomes possible to pursue a similar point and tracing accuracy improves. On the other hand, two or more characteristic point tracking means are prepared, and when

the tracking control means 3 chooses one of them, it becomes possible to also pursue the focus which cannot be pursued in a certain characteristic point tracking means using an option by another characteristic point tracking means. Therefore, improvement in the tracing accuracy of the focus which is a technical problem of this invention, and the conditions of the point which can be pursued can be eased now.

[0015]Drawing 2 is a lineblock diagram of the 2nd example of an embodiment showing the principle of this invention.

[0016]In drawing 2, a characteristic point tracking means (1) and 12 11 A characteristic point tracking means (2), The matching evaluation degree means (1) which 21 uses by the characteristic point tracking means 11, another matching degree evaluation methods (2) which use 22 by the characteristic point tracking means 11 or the characteristic point tracking means 12, Furthermore it uses 23 by the characteristic point tracking means 12, the focus recording device on which another matching degree evaluation methods (3) and 3 record a tracking control means, and 4 records the trace point of the focus, and 5 express the object image which consists of multiple frames.

[0017]In this example of an embodiment, it has two, the characteristic point tracking means 11 and the characteristic point tracking means 12, as a characteristic point tracking means. The classification-by-color cloth matching degree evaluation methods (matching degree evaluation methods 21) which compare the state of the surrounding classification-by-color cloth of the specific point of two pictures as matching degree evaluation methods, It has the edge matching degree evaluation methods (matching degree evaluation methods 22) showing the degree by which the specific point has got on edge, and the outline deformation degree evaluation methods (matching degree evaluation methods 23) showing the degree of the modification from an initial state. The output of the classification-by-color cloth matching degree evaluation methods 21 and the edge matching degree evaluation methods 22 is used for the characteristic point tracking means 11. The output of the edge matching degree evaluation methods 22 and the outline deformation degree evaluation methods 23 is used for the characteristic point tracking means 12.

[0018]In this example of an embodiment, one of the characteristic point tracking means uses the output from classification-by-color cloth matching degree evaluation methods and edge matching degree evaluation methods. Therefore, it becomes possible to pursue the point that the classification-by-color cloth was similar on edge, and tracing accuracy improves. Another of the characteristic point tracking means in this example of an embodiment uses the output from edge matching degree evaluation methods and outline deformation degree evaluation methods. Therefore, the point which, if possible, lessens modification from an initial state on edge can be pursued, and pursuit of the point which is geometrically featureless is also attained. Therefore, the conditions about the focus which should be pursued can be eased. Thus, two or

more different characteristic point tracking means are prepared, and it becomes possible to also pursue the focus which cannot be pursued in a certain characteristic point tracking means using an option by another characteristic point tracking means because the tracking control means 3 chooses one of them. Therefore, improvement in the tracing accuracy of the focus which is a technical problem of this invention, and the conditions of the point which can be pursued can be eased now.

[0019]Drawing 3 is a figure explaining the 3rd example of an embodiment of this invention.

[0020]In drawing 3, a characteristic point tracking means (1) and 12 11 A characteristic point tracking means (2), The matching evaluation degree means (1) which 21 uses by the characteristic point tracking means 11, another matching degree evaluation methods (2) which use 22 by the characteristic point tracking means 11 or the characteristic point tracking means 12, Furthermore it uses 23 by the characteristic point tracking means 12, the focus recording device on which another matching degree evaluation methods (3) and 3 record a tracking control means, and 4 records the trace point of the focus, and 5 express the object image which consists of multiple frames. Let the case where focus pursuit extracts a motion of a mouth from a face image be an example in this example of an embodiment.

[0021]The example of the focus which should pursue in this case is shown in drawing 4. The focus which should be pursued in this example is made into 12 points. The coordinates (x, y) are recorded on the focus recording device 4. It is recorded by which characteristic point tracking means each focus is pursued. In the case of the example of drawing 4, they are the – points 1, 4, and 7 and 10:characteristic point tracking means (1).

– Points 2,3,5, 6,8,9, 11, and 12 : characteristic point tracking means (2)

It carries out.

[0022]Matching degree evaluation methods (1) 21 evaluates the matching degree of a classification-by-color cloth, and considers the single-sided tap length n of picture  $I_1$ , a point (x, y), picture  $I_2$ , a point (u, v), and a window as an input. Like drawing 5, on picture  $I_1$  and picture picture  $I_2$ , the window of the square of a length (2n+1) of one side is made, and the total value of the difference of the RGB value in two windows is calculated and outputted according to the following formulas.

[0023] $d_1(I_1, x, y, I_2, u, v) = \sum_{i=-n}^n [(I_{1R}(x+i, y+j) - I_{2R}(u+i, v+j))^2 + \{I_{1G}(x+i, y+j) - I_{2G}(x+i, y+j)\}^2 + \{I_{1B}(x+i, y+j) - I_{2B}(x+i, y+j)\}^2]$

Here  $I_{1R}(x, y)$ ,  $I_{1G}(x, y)$ , and  $I_{1B}(x, y)$ ,  $I_{2R}(u, v)$ ,  $I_{2G}(u, v)$ , and  $I_{2B}(u, v)$  shall express red [ in / for the red in a point (x y), and a green and blue luminance value / a point (u, v) ], and a green and blue luminance value in picture  $I_2$  in picture  $I_1$ , respectively. It can be said that there are few differences in the classification-by-color cloth in two windows, so that this value  $d_1$  is small. The notation of  $\sum_{i=-n}^n$  in a formula shows total from  $i=-n$  to  $i=n$  (following, the same).

[0024] Matching degree evaluation methods (2) 22 expresses the degree which has a point on a picture on edge, and considers the single-sided tap length  $m$  of the picture  $I$ , coordinates  $(x, y)$ , and a window as an input. It asks for edge image  $E$  from the picture  $I$  first. And according to the following formulas, it is considered as the output of these evaluation methods in quest of the sum total of the edge luminosity in the surrounding point of a point  $(x, y)$ .

$$[0025] d_2(I, x, y) = \sum_{i=-m}^m \sum_{j=-m}^m E(x+i, y+j)$$

It can be called the high point of the degree on edge, so that this value is large.  $E(x, y)$  shall express the luminosity of the edge image in a point  $(x, y)$ .

[0026] The matching degree evaluation methods 3 express the degree of the modification from an initial position, and consider the coordinates of two or more points as an input. In this example of an embodiment, the number of the points used as an input is set to 4. The present coordinates of the point  $i$  are made into  $(x_i, y_i)$  ( $i = 1, \dots, 4$ ). Distance  $l_i$  between points,  $l_2, l_3$  and angle  $\theta_1$ , which a line segment makes, and  $\theta_2$  are defined like drawing 6, and each initial value is made into  $l_{10}, l_{20}, l_{30}, \theta_{10}$ , and  $\theta_{20}$ . If it thinks as a flexible model which connected between points by means of a spring, The elastic potential energy by the modification from an initial state  $d_3(x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, x_4, y_4) = \sum_{i=1}^3 \lambda_i (l_i - l_{i0})^2 + \sum_{j=1}^2 \mu_j (\theta_j - \theta_{j0})^2$ . It is given by  $d_3$  and this value is considered as the output of these evaluation methods. It can be said that there is little modification from an initial state, so that this value is small.  $\lambda_i$  and  $\mu_j$  are elastic coefficients and are defined beforehand.

[0027] Characteristic point tracking means (1) 11 uses the output of matching degree evaluation-methods (1) 21 and matching degree evaluation-methods (2) 22. When the present image frame  $I_{cur}$ , the present coordinates  $(x, y)$  of a trace point, and the next image frame  $I_{next}$  are given, the new coordinates  $(x+\Delta x, y+\Delta y)$  of a trace point are searched for. For this reason, the search range of  $\Delta x$  and  $\Delta y$  is made into  $-l \leq \Delta x \leq l$  and  $-l \leq \Delta y \leq l$ , and it asks for  $\Delta x$  and  $\Delta y$  which make a lower type the minimum.

$$[0028] J_1(x + \Delta x, y + \Delta y) = d_1(I_{cur}, x, y, I_{next}, x + \Delta x, y + \Delta y) + w - d_2(I_{next}, x + \Delta x, y + \Delta y)$$

Here, since it can say that the value of  $d_2$  has got on edge, so that it is large,  $w$  considers it as a negative constant and minimizes  $J_1$ .  $w$  is a weighting factor of two rate scales, and is defined beforehand.

[0029] Characteristic point tracking means (2) 12 uses the output of matching degree evaluation-methods (2) 22 and matching degree evaluation-methods (3) 23. The present image frame  $I_{cur}$ , the coordinates  $(x_i, y_i)$  ( $i = 1, \dots, 4$ ) of the present trace point, the next image frame  $I_{next}$ , and the new coordinates of the trace points 1 and 4  $(x_1 + \Delta x_1, y_1 + \Delta y_1)$ , When  $(x_4 + \Delta x_4, y_4 + \Delta y_4)$  are given, the new coordinates  $(x_2 + \Delta x_2, y_2 + \Delta y_2)$  of the trace points 2 and 3, and  $(x_3 + \Delta x_3, y_3 + \Delta y_3)$  are calculated. For this reason, search range of  $\Delta x_i$  and  $\Delta y_i$  - It is considered as



$l' \leq \text{deltax}_i \leq l'$  and  $-l' \leq \text{deltay}_i \leq l'$  and  $\text{deltax}_i$  and  $\text{deltay}_i$  which make a lower type the minimum are calculated.

[0030]  $J_2. (\text{deltax}_2, \text{deltay}_2, \text{deltax}_3, \text{deltay}_3) = w' - \sigma_{i=1}^2 d_2 (I_{\text{cur}}, x_i, y_i, I_{\text{next}}, \text{ and } x_i + \text{deltax}_i \rightarrow [ \text{ } ] \text{ and } [ \text{ } ] y_i + \text{deltay}_i + d_3. (x_1 + \text{deltax}_1, y_1 + \text{deltay}_1, x_2 + \text{deltax}_2, y_2 + \text{deltay}_2, x_3 + \text{deltax}_3, y_3 + \text{deltay}_3, x_4 + \text{deltax}_4, y_4 + \text{deltay}_4)$

Here, since it can say that the value of  $d_2$  has got on edge, so that it is large,  $w'$  considers it as a negative constant and minimizes  $J_2$ .  $w'$  is a weighting factor of two rate scales, and is defined beforehand.

[0031] In order to operate this example of an embodiment, the initial position of each focus and the pursuit method are first set to the focus recording device 4. The tracking control means 3 investigates the portion of the tracking means of the focus recording device 4, and selects the thing using a characteristic point tracking means (1). In this case, the points 1, 4, 7, and 10 correspond. The new coordinates of a trace point are searched for by a characteristic point tracking means (1) from these points by using as the frame 1 the value currently written [ image frame / present ] to the focus recording device 4 in the value of the frame 0 and the present trace point, and the following image frame. The value of the focus recording device 4 is updated by this result.

[0032] Next, the tracking control means 3 chooses the focus which uses a characteristic point tracking means (2). In this case, the points 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, and 12 correspond. First, a characteristic point tracking means (2) is applied to the points 1, 2, 3, and 4. Since the new coordinates of the points 1 and 4 are already searched for by the characteristic point tracking means (1), the new coordinates of the points 2 and 3 are searched for by a characteristic point tracking means (2). Similarly, the new coordinates of the points 5 and 6 are searched for by applying a characteristic point tracking means (2) to the points 4, 5, 6, and 7. Furthermore, the new coordinates of the points 8, 9, 11, and 12 are also searched for.

[0033] Thus, the new coordinates of each focus on the frame 1 are searched for. The new coordinates of each focus on the frame 2 are searched for by using the frame 1 as the present image frame, and using the frame 2 as the following image frame. Pursuit of each focus is performed by repeating this.

[0034] By such composition, a border-line top can be correctly pursued by using the matching degree evaluation methods (1) and (2) to the points 1, 4, 7, and 10. Although it cannot pursue by a characteristic point tracking means (1) to the remaining points, it becomes possible to pursue by preparing a characteristic point tracking means (2).

[0035] From this result, there is an improvement whose accuracy of pursuit improves compared with a Prior art that a trace point can be increased, clearly like.

[0036]

[Effect of the Invention] According to this invention, as explained above, the tracing accuracy of the focus improves, and since arrangement of more trace points is

attained, it is effective in the ability of pursuit of a subject to carry out with more sufficient accuracy.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a lineblock diagram of the 1st example of an embodiment showing the principle of this invention.

[Drawing 2] It is a lineblock diagram of the 2nd example of an embodiment showing the principle of this invention.

[Drawing 3] It is a lineblock diagram showing the 3rd example of an embodiment of this invention.

[Drawing 4] It is a figure showing the example of the focus in the example of an embodiment of the above 3rd which should be pursued.

[Drawing 5] (a) and (b) are the figures for supplementing with explanation of the matching degree evaluation methods (1) in the example of an embodiment of the above 3rd.

[Drawing 6] It is a figure for supplementing with explanation of the matching degree evaluation methods (3) in the example of an embodiment of the above 3rd.

[Description of Notations]

- 11 -- Characteristic point tracking means (1)
- 12 -- Characteristic point tracking means (2)
- 13 -- Characteristic point tracking means (3)
- 21 -- Matching degree evaluation methods (1)
- 22 -- Matching degree evaluation methods (2)
- 23 -- Matching degree evaluation methods (3)
- 211 -- Matching degree evaluation methods (11)
- 212 -- Matching degree evaluation methods (12)
- 221 -- Matching degree evaluation methods (21)
- 222 -- Matching degree evaluation methods (22)
- 231 -- Matching degree evaluation methods (31)
- 232 -- Matching degree evaluation methods (32)
- 3 -- Tracking control means
- 4 -- Focus recording device
- 5 -- Object image

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 6 T 7/20

識別記号

F I

G 0 6 F 15/70

4 1 0

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平9-278727

(22)出願日 平成9年(1997)10月13日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 田中 明通

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 亀田 明男

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 金山 英明

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

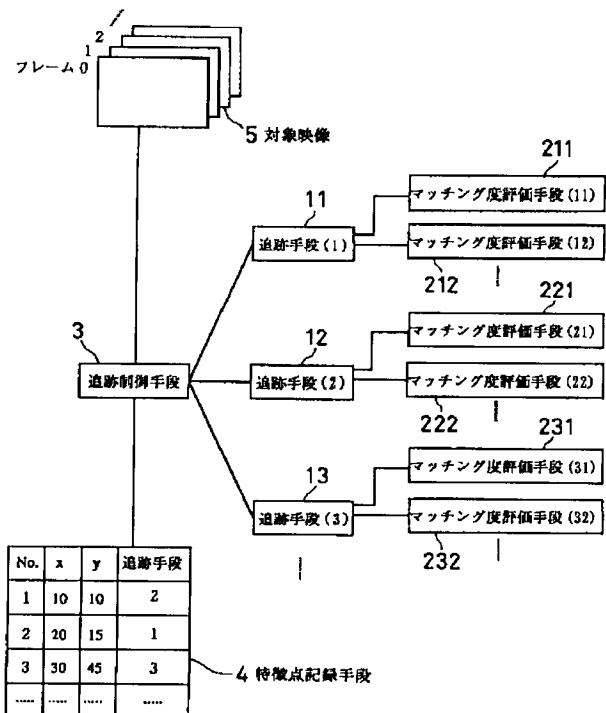
(74)代理人 弁理士 志賀 富士弥 (外1名)

## (54)【発明の名称】 特徴点追跡装置

## (57)【要約】

【課題】 映像中の対象物の特徴点の動きを追跡する特徴点追跡装置において、追跡精度を向上させ、追跡可能な点の条件を緩和する。

【解決手段】 特徴点追跡手段を、各々複数の異なるマッチング度評価手段211～232を用いた複数の異なる特徴点追跡手段11～13で構成する。追跡制御手段3は、対象映像5の各特徴点に対し、予め特徴点記録手段4に書かれた内容に従い、複数ある特徴点追跡手段11～13の1つを選択し、追跡を行う。このように各々の特徴点追跡手段が、複数の異なるマッチング度評価手段を用いることで、類似した点を追跡可能にし、追跡精度を向上させる。一方、複数用意された異なる特徴点追跡手段を選択して用いることで、ある特徴点追跡手段では追跡不可能な特徴点も、別の特徴点追跡手段により追跡することを可能にする。これにより、追跡精度の向上、追跡可能な点の条件の緩和を行う。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 対象物が撮影された対象映像と、該対象物上に配置された特徴点の初期値を入力とし、該対象映像中の対象物の動きにしたがって特徴点の動きを追跡する特徴点追跡装置において、複数のマッチング度評価手段からの出力を用いる、複数の異なる特徴点追跡手段と、前記特徴点の現在の座標とその特徴点を追跡する際に使用すべき特徴点追跡手段とを記録した特徴点記録手段と、前記特徴点記録手段から前記特徴点の現在の座標と特徴点追跡手段を読み取り、前記特徴点追跡手段の1つを選択して該特徴点の新たな座標を求め、これを該特徴点記録手段に書き込む処理を、すべての該特徴点に対して前記対象映像の新たなフレームごとに繰り返す特徴点追跡制御手段と、を具備することを特徴とする特徴点追跡装置。

**【請求項2】** 前記マッチング度評価手段として、色分布マッチング度評価手段と、エッジ・マッチング度評価手段と、輪郭変形度評価手段と、を少なくとも有し、前記特徴点追跡手段として、前記色分布マッチング度評価手段と前記エッジ・マッチング度評価手段を用いる特徴点追跡手段と、前記エッジ・マッチング度評価手段と前記輪郭変形度評価手段を用いる特徴点追跡手段と、を少なくとも有する、ことを特徴とする請求項1に記載の特徴点追跡装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** 本発明は映像中で、対象物上の特徴点を追跡することにより対象物の動きを追跡する、特徴点追跡装置に関するものである。

**【0002】**

**【従来の技術】** 特徴点の追跡は、特徴点を中心として正方形のウィンドウを設け、対象映像の新たなフレームが与えられると、フレーム間でウィンドウ内の残差が最も少なくなる点を求めることによって行われてきた。なお、上記技術に関しては、例えば、Tomasi and Kanade 著の「Shape and Motion from Image Streams: a Factorization Method—Part 3 Detection and Tracking of Point Features」(Technical Report of School of Computer Science, Carnegie Mellon University, CMU-CS-91-132, 1991) に記載されている。

**【0003】**

**【発明が解決しようとする課題】** しかしながら、上記した従来技術では、輪郭線上に配置した特徴点が少しずつ輪郭線上からはずれる可能性があり、追跡の精度が十分

でないという問題点があった。また、追跡できる点は角のような形状的に特徴がある点に限られるので満たすべき条件が厳しく、追跡すべき特徴点を少数しか配置できないという問題点があった。

**【0004】** そこで本発明は、特徴点の追跡精度を向上させ、追跡可能な点の条件を緩和した特徴点追跡装置を提供することを課題とする。

**【0005】**

**【課題を解決するための手段】** 上記の課題を解決するために本発明による第1の発明は、対象物が撮影された対象映像と、該対象物上に配置された特徴点の初期値を入力とし、該対象映像中の対象物の動きにしたがって特徴点の動きを追跡する特徴点追跡装置において、複数のマッチング度評価手段からの出力を用いる、複数の異なる特徴点追跡手段と、前記特徴点の現在の座標とその特徴点を追跡する際に使用すべき特徴点追跡手段とを記録した特徴点記録手段と、前記特徴点記録手段から前記特徴点の現在の座標と特徴点追跡手段を読み取り、前記特徴点追跡手段の1つを選択して該特徴点の新たな座標を求め、これを該特徴点記録手段に書き込む処理を、すべての該特徴点に対して前記対象映像の新たなフレームごとに繰り返す特徴点追跡制御手段と、を具備することを特徴とする。

**【0006】** また、同じく本発明による第2の発明は、前記マッチング度評価手段として、色分布マッチング度評価手段と、エッジ・マッチング度評価手段と、輪郭変形度評価手段と、を少なくとも有し、前記特徴点追跡手段として、前記色分布マッチング度評価手段と前記エッジ・マッチング度評価手段を用いる特徴点追跡手段と、前記エッジ・マッチング度評価手段と前記輪郭変形度評価手段を用いる特徴点追跡手段と、を少なくとも有することを特徴とする。

**【0007】** 本発明では、特徴点追跡手段が複数の異なる特徴点追跡手段から構成され、それぞれの特徴点追跡手段は、複数の異なるマッチング度評価手段の出力を用い、特徴点ごとに特徴点追跡手段を指定して追跡を行う。以上2点が本発明の主要な特徴である。従来の技術では、単一の特徴点追跡手段およびマッチング度評価手段を用いていた点が、本発明において改良されている。

**【0008】** 本発明による第1の発明においては、特徴点追跡手段が複数のマッチング度評価手段からの出力を利用する。そのために類似した点を追跡することが可能になり、追跡精度が向上する。一方、特徴点追跡手段は複数の異なるものが用意されており、追跡制御手段がそのうちの1つを選択することで、ある特徴点追跡手段では追跡不可能な特徴点も、別の特徴点追跡手段により追跡することが可能になる。したがって、本発明の課題である特徴点の追跡精度の向上、追跡可能な点の条件の緩和を行うことが出来るようになる。

**【0009】** 本発明による第2の発明においては、特徴

点追跡手段の 1 つが色分布マッチング度評価手段、エッジ・マッチング度評価手段からの出力を利用する。そのためにエッジ上で色分布の類似した点を追跡することが可能になり、追跡精度が向上する。特徴点追跡手段のもう 1 つは、エッジ・マッチング度評価手段と輪郭変形度評価手段からの出力を利用する。そのため、エッジ上で初期状態からの変形をなるべく少なくする点を追跡することができ、形状的に特徴のない点の追跡も可能になる。そのため、追跡すべき特徴点に関する条件を緩和することができる。このように、異なる特徴点追跡手段が複数用意されており、追跡制御手段がそのうちの 1 つを選択することにより、ある特徴点追跡手段では追跡不可能な特徴点も別の特徴点追跡手段により別の方法を用いて追跡することが可能になる。したがって、本発明の課題である特徴点の追跡精度の向上、追跡可能な点の条件の緩和を行うことが出来るようになる。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図を用いて詳細に説明する。

【0011】図 1 は、本発明の原理を示す第 1 の実施形態例の構成図である。

【0012】図 1 において、11 は特徴点追跡手段

(1)、12 は特徴点追跡手段 (2)、13 は特徴点追跡手段 (3)、211 は特徴点追跡手段 11 で用いるマッチング評価手段 (11)、212 は特徴点追跡手段 11 で用いる別のマッチング度評価手段 (12)、221 は特徴点追跡手段 12 で用いるマッチング度評価手段 (21)、222 は特徴点追跡手段 12 で用いる別のマッチング度評価手段 (22)、231 は特徴点追跡手段 13 で用いるマッチング度評価手段 (31)、232 は特徴点追跡手段 13 で用いる別のマッチング度評価手段 (32)、3 は追跡制御手段、4 は特徴点の追跡点を記録する特徴点記録手段、5 は複数フレームからなる対象映像を表す。

【0013】本実施形態例では、特徴点追跡手段が特徴点追跡手段 (1)、特徴点追跡手段 (2)、…というように、複数の異なる特徴点追跡手段から構成されている。それぞれの特徴点追跡手段は、マッチング度評価手段 (11)、マッチング度評価手段 (12)、…というように複数の異なるマッチング度評価手段の出力を用いる。追跡点制御手段 3 は、対象映像 5 の各特徴点に対して、特徴点記録手段 4 に書かれている特徴点追跡手段に基づいて、11、12、13、…の複数ある特徴点追跡手段の 1 つを選択し、追跡を行う。

【0014】本実施形態例においては、特徴点追跡手段が複数のマッチング度評価手段からの出力を利用する。そのために類似した点を追跡することが可能になり、追跡精度が向上する。一方、特徴点追跡手段は複数用意されており、追跡制御手段 3 がそのうちの 1 つを選択することにより、ある特徴点追跡手段では追跡不可能な特徴

点も、別の特徴点追跡手段により別の方法を用いて追跡することが可能になる。したがって、本発明の課題である特徴点の追跡精度の向上、追跡可能な点の条件の緩和を行うことが出来るようになる。

【0015】図 2 は、本発明の原理を示す第 2 の実施形態例の構成図である。

【0016】図 2 において、11 は特徴点追跡手段

(1)、12 は特徴点追跡手段 (2)、21 は特徴点追跡手段 11 で用いるマッチング評価手段 (1)、22 は特徴点追跡手段 11 または特徴点追跡手段 12 で用いる別のマッチング度評価手段 (2)、23 は特徴点追跡手段 12 で用いるさらに別のマッチング度評価手段 (3)、3 は追跡制御手段、4 は特徴点の追跡点を記録する特徴点記録手段、5 は複数フレームからなる対象映像を表す。

【0017】本実施形態例では、特徴点追跡手段として特徴点追跡手段 11、特徴点追跡手段 12 の 2 つを有している。また、マッチング度評価手段として 2 つの画像の特定の点の周辺の色分布の状態を比較する色分布マッチング度評価手段 (マッチング度評価手段 21) と、特定の点がエッジの上ののっている度合いを表すエッジ・マッチング度評価手段 (マッチング度評価手段 22) と、初期状態からの変形の度合いを表す輪郭変形度評価手段 (マッチング度評価手段 23) とを有する。特徴点追跡手段 11 は、色分布マッチング度評価手段 21 とエッジ・マッチング度評価手段 22 の出力を用いる。特徴点追跡手段 12 は、エッジ・マッチング度評価手段 22 と輪郭変形度評価手段 23 の出力を用いる。

【0018】本実施形態例においては、特徴点追跡手段の 1 つが色分布マッチング度評価手段、エッジ・マッチング度評価手段からの出力を利用する。そのためにエッジ上で色分布の類似した点を追跡することが可能になり、追跡精度が向上する。本実施形態例における特徴点追跡手段のもう 1 つは、エッジ・マッチング度評価手段と輪郭変形度評価手段からの出力を利用する。そのため、エッジ上で初期状態からの変形をなるべく少なくする点を追跡することができ、形状的に特徴のない点の追跡も可能になる。そのため、追跡すべき特徴点に関する条件を緩和することができる。このように、異なる特徴点追跡手段が複数用意されており、追跡制御手段 3 がそのうちの 1 つを選択することで、ある特徴点追跡手段では追跡不可能な特徴点も別の特徴点追跡手段により別の方法を用いて追跡することが可能になる。したがって、本発明の課題である特徴点の追跡精度の向上、追跡可能な点の条件の緩和を行うことが出来るようになる。

【0019】図 3 は、本発明の第 3 の実施形態例を説明する図である。

【0020】図 3 において、11 は特徴点追跡手段

(1)、12 は特徴点追跡手段 (2)、21 は特徴点追跡手段 11 で用いるマッチング評価手段 (1)、22

は特徴点追跡手段11または特徴点追跡手段12で用いる別のマッチング度評価手段(2)、23は特徴点追跡手段12で用いるさらに別のマッチング度評価手段

(3)、3は追跡制御手段、4は特徴点の追跡点を記録する特徴点記録手段、5は複数フレームからなる対象映像を表す。この実施形態例では、特徴点追跡により顔映像から口の動きを抽出する場合を例とする。

【0021】この場合の、追跡すべき特徴点の例を図4に示す。この例で追跡すべき特徴点は12点とする。その座標(x, y)が特徴点記録手段4に記録される。また、各特徴点をどの特徴点追跡手段によって追跡するかも記録する。図4の例の場合、

・点1, 4, 7, 10: 特徴点追跡手段(1)

・点2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12: 特徴点追跡手段(2)

とする。

【0022】マッチング度評価手段(1)21は、色分布のマッチング度を評価するもので、画像I<sub>1</sub>、点(x, y)、画像I<sub>2</sub>、点(u, v)、ウィンドウの片側タップ長nを入力とする。図5のように、画像I<sub>1</sub>上と画像I<sub>2</sub>上に一辺の長さ(2n+1)の正方形のウィンドウを作り、2つのウィンドウ内のRGB値の差の合計値を、以下の式にしたがって求めて出力する。

【0023】
$$d_1(I_1, x, y, I_2, u, v) = \sum_{i=-n}^n [ \{ I_{1R}(x+i, y+j) - I_{2R}(u+i, v+j) \}^2 + \{ I_{1G}(x+i, y+j) - I_{2G}(x+i, y+j) \}^2 + \{ I_{1B}(x+i, y+j) - I_{2B}(x+i, y+j) \}^2 ]$$

ここで、I<sub>1R</sub>(x, y)、I<sub>1G</sub>(x, y)、I<sub>1B</sub>(x, y)は、画像I<sub>1</sub>中で点(x, y)における赤、緑、青の輝度値を、I<sub>2R</sub>(u, v)、I<sub>2G</sub>(u, v)、I<sub>2B</sub>(u, v)は、画像I<sub>2</sub>中で点(u, v)における赤、緑、青の輝度値をそれぞれ表すものとする。この値d<sub>1</sub>が小さいほど2つのウィンドウ内の色分布の違いが少ないといえる。なお、式中の $\sum_{i=-n}^n$ の表記は、i=-nからi=nまでの総和を示している(以下、同様)。

【0024】マッチング度評価手段(2)22は、画像上の点がエッジ上にある度合いを表すもので、画像I、座標(x, y)、ウィンドウの片側タップ長mを入力とする。まず画像Iからエッジ画像Eを求める。そして以下の式にしたがって、点(x, y)の周辺の点でのエッジ輝度の合計を求めて本評価手段の出力とする。

【0025】
$$d_2(I, x, y) = \sum_{i=-m}^m \sum_{j=-m}^m E(x+i, y+j)$$

この値が大きいほどエッジ上にある度合いの高い点といえる。なお、E(x, y)は点(x, y)におけるエッジ画像の輝度を表すものとする。

【0026】マッチング度評価手段3は、初期位置からの変形の度合いを表し、複数の点の座標を入力とする。

本実施形態例では、入力となる点の数を4としている。点iの現在の座標を(x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>)とする(i=1, ..., 4)。図6のように点間の距離l<sub>1</sub>, l<sub>2</sub>, l<sub>3</sub>と線分のなす角度θ<sub>1</sub>, θ<sub>2</sub>を定義し、それぞれの初期値をl<sub>10</sub>, l<sub>20</sub>, l<sub>30</sub>, θ<sub>10</sub>, θ<sub>20</sub>とする。点間をバネで結んだ弾性モデルとして考えると、初期状態からの変形による弾性エネルギーは

$$d_3(x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, x_4, y_4) = \sum_{i=1}^3 \lambda_i (l_i - l_{i0})^2 + \sum_{j=1}^2 \mu_j (\theta_j - \theta_{j0})^2$$
で与えられ、この値を本評価手段の出力とする。この値が小さいほど初期状態からの変形が少ないといえる。なお、λ<sub>i</sub>, μ<sub>j</sub>は弾性係数であり、あらかじめ定めておく。

【0027】特徴点追跡手段(1)11は、マッチング度評価手段(1)21とマッチング度評価手段(2)22の出力を利用する。現在の画像フレームI<sub>cur</sub>と追跡点の現在の座標(x, y)と次の画像フレームI<sub>next</sub>が与えられたとき、追跡点の新たな座標(x+Δx, y+Δy)を求める。このためにΔx, Δyの探索範囲を-1 ≤ Δx ≤ 1, -1 ≤ Δy ≤ 1とし、下式を最小にするΔx, Δyを求める。

【0028】
$$J_1(\Delta x, \Delta y) = d_1(I_{cur}, x, y, I_{next}, x+\Delta x, y+\Delta y) + w \cdot d_2(I_{next}, x+\Delta x, y+\Delta y)$$

ここで、d<sub>2</sub>の値は大きいほどエッジ上についているといえるので、wは負の定数としJ<sub>1</sub>を最小化する。wは2つの評価尺度の重み付け係数であり、あらかじめ定めておく。

【0029】特徴点追跡手段(2)12は、マッチング度評価手段(2)22とマッチング度評価手段(3)23の出力を利用する。現在の画像フレームI<sub>cur</sub>と現在の追跡点の座標(x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>)(i=1, ..., 4)と次の画像フレームI<sub>next</sub>と追跡点1, 4の新たな座標(x<sub>1</sub>+Δx<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>+Δy<sub>1</sub>), (x<sub>4</sub>+Δx<sub>4</sub>, y<sub>4</sub>+Δy<sub>4</sub>)が与えられたとき、追跡点2, 3の新たな座標(x<sub>2</sub>+Δx<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>+Δy<sub>2</sub>), (x<sub>3</sub>+Δx<sub>3</sub>, y<sub>3</sub>+Δy<sub>3</sub>)を求める。このために、Δx<sub>1</sub>, Δy<sub>1</sub>の探索範囲を-1' ≤ Δx<sub>1</sub> ≤ 1', -1' ≤ Δy<sub>1</sub> ≤ 1'とし、下式を最小にするΔx<sub>1</sub>, Δy<sub>1</sub>を求める。

【0030】
$$J_2(\Delta x_2, \Delta y_2, \Delta x_3, \Delta y_3) = w' \cdot \sum_{i=1}^2 d_2(I_{cur}, x_i, y_i, I_{next}, x_i+\Delta x_i, y_i+\Delta y_i) + d_3(x_1+\Delta x_1, y_1+\Delta y_1, x_2+\Delta x_2, y_2+\Delta y_2, x_3+\Delta x_3, y_3+\Delta y_3, x_4+\Delta x_4, y_4+\Delta y_4)$$

ここで、d<sub>2</sub>の値は大きいほどエッジ上についているといえるので、w'は負の定数としJ<sub>2</sub>を最小化する。w'は2つの評価尺度の重み付け係数であり、あらかじめ定めておく。

【0031】本実施形態例を動作させるには、まず特徴点記録手段4に各特徴点の初期位置、追跡方法をセット

する。追跡制御手段 3 は特徴点記録手段 4 の追跡手段の部分調べ、特徴点追跡手段 (1) を用いるものを選び出す。この場合、点 1, 4, 7, 10 が該当する。これらの点に対して、現在の画像フレームをフレーム 0、現在の追跡点の値を特徴点記録手段 4 に書かれている値、次の画像フレームをフレーム 1 として、特徴点追跡手段 (1) により追跡点の新たな座標を求める。この結果により特徴点記録手段 4 の値は更新される。

【0032】次に、追跡制御手段 3 は特徴点追跡手段 (2) を用いる特徴点を選択する。この場合、点 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12 が該当する。まず、点 1, 2, 3, 4 に対して、特徴点追跡手段 (2) を適用する。点 1, 4 の新たな座標はすでに特徴点追跡手段 (1) により求められているので、特徴点追跡手段 (2) により、点 2, 3 の新たな座標が求められる。同様に、点 4, 5, 6, 7 に特徴点追跡手段 (2) を適用することにより、点 5, 6 の新たな座標が、求められる。さらに点 8, 9, 11, 12 の新たな座標も求められる。

【0033】このようにして、フレーム 1 上での各特徴点の新たな座標が求められる。さらに、フレーム 1 を現在の画像フレーム、フレーム 2 を次の画像フレームとすることにより、フレーム 2 上での各特徴点の新たな座標が求められる。これを繰り返すことにより、各特徴点の追跡が行われていく。

【0034】このような構成により、点 1, 4, 7, 10 に対してはマッチング度評価手段 (1) と (2) を用いることにより輪郭線上を正確に追跡することができる。残りの点に対しては、特徴点追跡手段 (1) では追跡できないが、特徴点追跡手段 (2) も用意しておくことで追跡することが可能になる。

【0035】この結果から明らかにように、従来の技術と比べて追跡の精度が向上する、追跡点を増やすことができる、という改善がある。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、特徴点の追跡精度が向上し、より多くの追跡点の配置が可能となるので、対象物の追跡がより精度よく行えるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の原理を示す第 1 の実施形態例の構成図である。

【図 2】本発明の原理を示す第 2 の実施形態例の構成図である。

【図 3】本発明の第 3 の実施形態例を示す構成図である。

【図 4】上記第 3 の実施形態例での追跡すべき特徴点の例を示す図である。

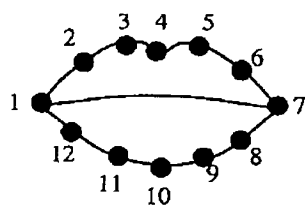
【図 5】(a), (b) は、上記第 3 の実施形態例でのマッチング度評価手段 (1) の説明を補足するための図である。

【図 6】上記第 3 の実施形態例でのマッチング度評価手段 (3) の説明を補足するための図である。

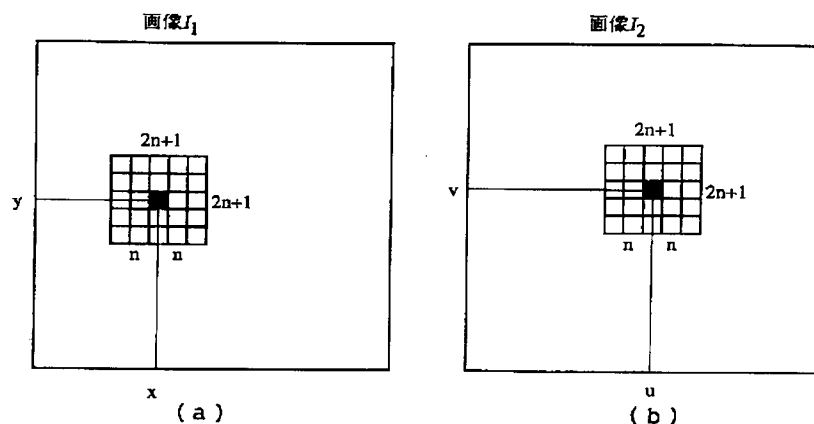
【符号の説明】

- 1 1 …特徴点追跡手段 (1)
- 1 2 …特徴点追跡手段 (2)
- 1 3 …特徴点追跡手段 (3)
- 2 1 …マッチング度評価手段 (1)
- 2 2 …マッチング度評価手段 (2)
- 2 3 …マッチング度評価手段 (3)
- 2 1 1 …マッチング度評価手段 (1 1)
- 2 1 2 …マッチング度評価手段 (1 2)
- 2 2 1 …マッチング度評価手段 (2 1)
- 2 2 2 …マッチング度評価手段 (2 2)
- 2 3 1 …マッチング度評価手段 (3 1)
- 2 3 2 …マッチング度評価手段 (3 2)
- 3 …追跡制御手段
- 4 …特徴点記録手段
- 5 …対象映像

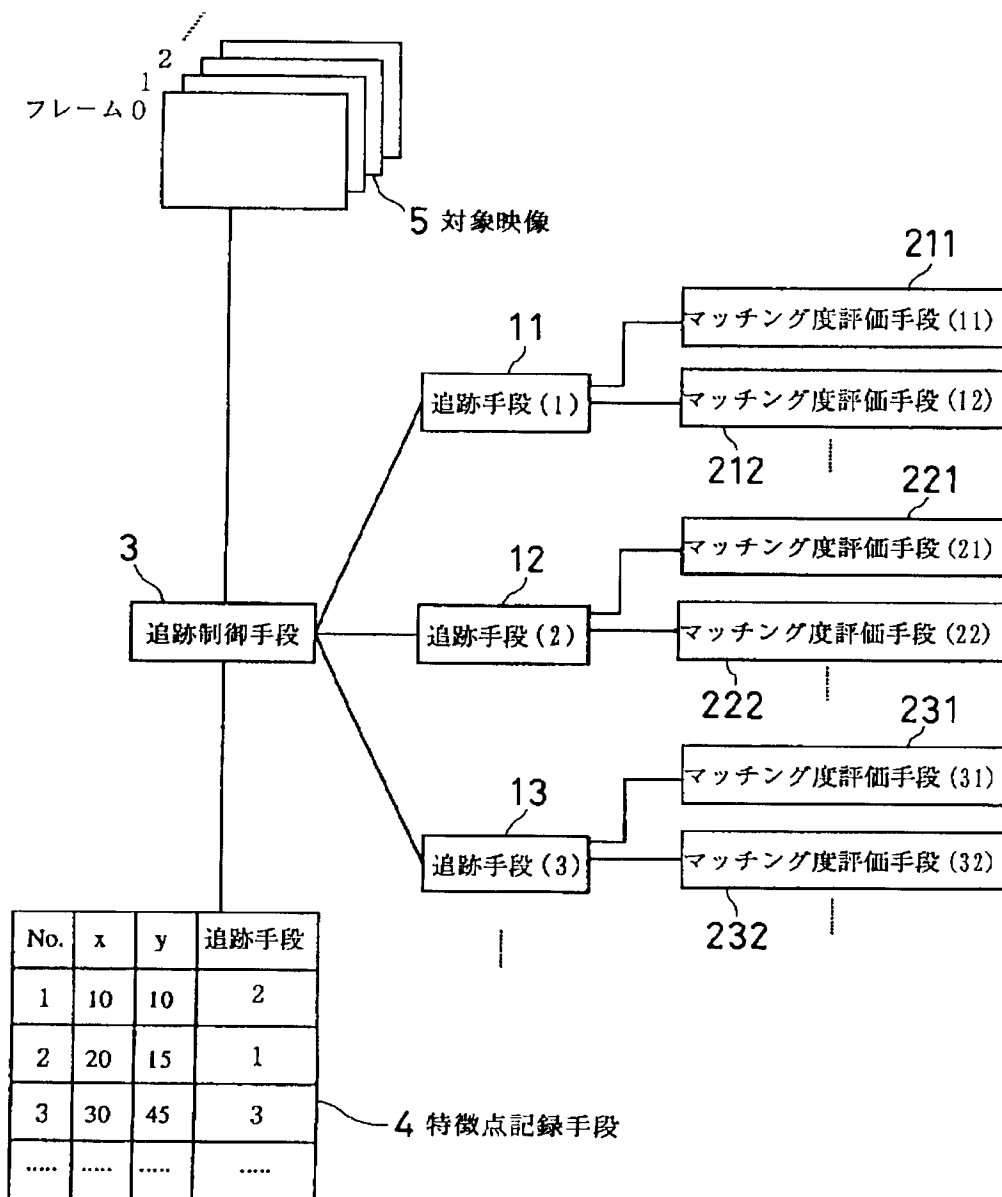
【図 4】



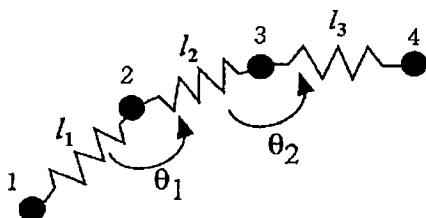
【図 5】



【図 1】

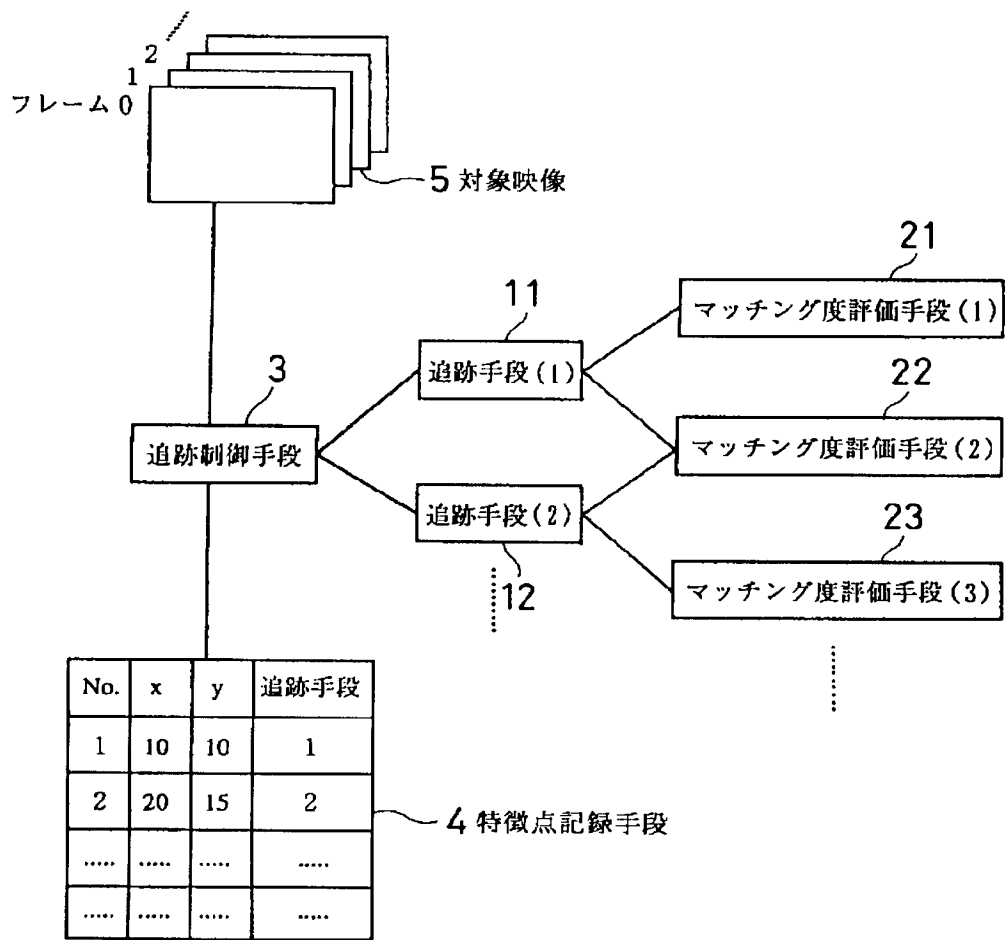


【図 6】





【図 2】



【図 3】

